

## · 讲座 ·

## 脉搏氧灌注指数和灌注变异指数的临床应用

江学成

【关键词】 脉搏氧灌注指数； 灌注变异指数； 脉搏血氧饱和度

脉搏氧灌注指数(PI)和灌注变异指数(PVI)是新一代脉搏氧饱和度仪新增的测量参数。PI和PVI分别是连续评价组织灌注和容量状态的无创性监测工具,在危重病救治、麻醉手术和临床研究等方面具有重要价值。

## 1 PI和PVI测量原理

1.1 PI测量:目前监测的脉搏血氧饱和度(SpO<sub>2</sub>)及其波形是脉搏氧饱和度仪以血红蛋白对波长为940 nm近红外光的吸收量为信号计算和描记的,PI也是由这些信号计算的。在监测部位,搏动性组织(变化着的小动脉血流量)和非搏动性组织(静脉血、肌肉和其他组织)都吸收光,前者吸收的光量称搏动性信号(AC),后者吸收的光量称非搏动性信号(DC)。PI为AC占DC的百分比(PI=AC/DC×100%)<sup>[1-2]</sup>。

每个人测量部位的DC是相对固定的,AC是变化的,故PI反映的是小动脉的搏动强度,当小动脉血流量增加时,搏动性组织吸收的光量增加,PI变大。因此,局部灌注改变(肢体动、静脉栓塞,椎管内麻醉和臂丛阻滞、低温等)和系统灌注障碍(如休克、低心排血量和低容量等)都会使PI改变<sup>[3-5]</sup>。

通常PI以百分数或小数显示,没有单位,有的机器还以强度柱状条图来显示。PI是一个相对值,个体和测量部位之间差异较大<sup>[6]</sup>,正常参考值和范围也尚未确立,临床应用主要是将测量值与基础值进行比较或动态比较。

1.2 PVI的测量:PVI是呼吸周期中PI变异性参数,反映胸内压和回心血量之间的平衡关系<sup>[2,7-9]</sup>,换句话说,用来评价血容量状况。公式为PVI=(PI<sub>max</sub>-PI<sub>min</sub>)/PI<sub>max</sub>×100%(PI<sub>max</sub>:呼吸周期中最大值,PI<sub>min</sub>:呼吸周期中最小值)。

作者单位:221004 江苏徐州,解放军第九七医院麻醉科

作者简介:江学成(1950-),男(汉族),安徽省人,主任医师,Email:Jiangxc99@sohu.com。

## 2 临床研究和应用

## 2.1 PI

2.1.1 评价局部组织灌注:监测部位皮肤血管收缩或扩张,导致局部血流量变化时,PI都会发生变化。这些情况包括移植肢体、肢体血管损伤或梗死、脉管炎、血管狭窄、水肿、雷诺氏症、区域阻滞等。PI值越大,灌注状况越好。

Lima等<sup>[10]</sup>观察了血流阻断对PI的影响,14例患者将血压计袖带压力>收缩压30 mm Hg(1 mm Hg=0.133 kPa)维持3 min,然后缓慢放气至0,结果血压计袖带放气后PI增加,充气前为(2.8±1.8)%,放气后为(3.9±2.1)%;另外一项反映组织灌注的指标中心-趾温度差也有相应改变,充气前为(3.1±3.3)%,放气后为(2.4±3.7)%。

低温会引起血管收缩、局部血流减少及组织灌注差。Graybeal等<sup>[11]</sup>研究了环境温度对双手时PI的影响,8例受试者一只手暴露于6℃环境,另一只用手用电热毯包裹,维持正常温度,40 min后分别测量PI,结果显示,冷手时PI由试验前的(3.9±2.3)%降至(0.5±0.3)%;暖手时PI由试验前的(4.0±2.0)%降至(1.6±2.1)%。

椎管内麻醉和臂丛阻滞,麻醉区域血管扩张,血流量增加,而其他部位的效应相反。一些研究者将PI用于区域阻滞麻醉,以期判断麻醉的效果和程度。Kakazu等<sup>[12]</sup>测量了硬膜外腔镇痛分娩的妇女趾PI,以观察硬膜外麻醉对下肢灌注的影响,结果显示,硬膜外给药后5 min,PI明显增加,20 min后进一步增加;趋势图发现PI稳定增加者麻醉效果好,低平趋势提示麻醉失败;在小儿硬膜外麻醉时,平面和阻滞效果的判断非常困难,尤其不会说话的小儿或联合全身麻醉时。Uemura等<sup>[13]</sup>在40例小儿硬膜外联合全麻中观察了趾和指的PI改变。硬膜外给药后5 min,趾部位PI显著高于指部位和基础PI,研究者认为,PI可以反映硬膜外麻醉时外周灌注变化,并可作为预测麻醉效果的客观指标。

Klodell等<sup>[14]</sup>在术中用PI判断内镜下胸交感神经链切断是否成功和完全,8例交感链切断后1 min同侧指部位PI增加300%以上。

2.1.2 评价全身循环灌注:在休克、容量不足、低心排血量、多脏器功能不全等情况下,心排血量和血压降低,血液重新分布,脏器灌注不足,皮肤血流减少。临床上出现皮肤湿冷、苍白、青紫等。因此,早期认识脏器灌注障碍对避免组织缺氧、脏器衰竭有重要意义。目前尚无直接评价全身灌注的方法或工具,间接方法如胃黏膜pH测量仪、激光多普勒血流仪、甲皱微循环仪或血浆乳酸测量虽然可以评价全身灌注,但这些或是有创性或是单次性,都不能像PI一样可无创性连续评价组织灌注。PI能实时监测测量部位的灌注状况,联合应用其他参数,能准确反映系统灌注水平。大多数麻醉药对心血管系统都有影响,或扩张血管,或收缩血管,或抑制心肌,都会不同程度影响组织灌注。PI能用于评价麻醉患者的血管扩张程度和麻醉深度<sup>[4]</sup>。Hager等<sup>[15]</sup>在7例腹部大手术患者中发现,PI与呼气末七氟醚浓度明显相关;疼痛刺激使PI由(11.1±1.2)%降至(5.4±2.4)%,而心率由(62.5±9.5)次/min增至(80.4±13.2)次/min,疼痛可引起血管收缩,镇痛不充分时PI会降低。

De Felice等<sup>[5]</sup>用PI评价新生儿疾病严重程度,以新生儿急性生理学评分(SNAP)方法把101例小儿分为严重组(43例)和重度组(58例);严重组PI为(0.86±0.26)%,重度组PI为(2.02±0.70)%;当把1.24%作为临界点。PI<1.24%,提示病情重、并发症多、预后差。后来Felice等<sup>[16]</sup>又用PI预测脉络丛脑膜炎(CHA),回顾性和前瞻性研究显示:51例CHA新生儿在分娩后1 min和5 min时PI低于正常新生儿;PI低的新生儿评分(Apgar)和血浆剩余碱(BE)都低,入住新生儿重症加强治疗病房(NICU)和气管插管率都高;1 min PI≤

1.74% 和 5 min PI ≤ 2.18% 作为临界点诊断 CHA 的敏感度为 100%，特异性为 99.4%；用 PI 早期预测 CHA 可降低 NICU 入住率和病情严重程度。

在新生儿中，通常用近红外光谱仪 (NIRS) 测量腓肠肌灌注和氧耗量来诊断循环衰竭。Zaramella 等<sup>[17]</sup>发现 PI 与腓肠肌灌注有关，与氧耗量和氧摄取率无关，并主张 PI 测量可作为 NICU 评价循环状态的标准措施。

PI 还可用在新生儿出生时筛查严重先天性心脏缺损 (CHD)。Granelli 等<sup>[18]</sup>在 10 000 例出生 1 h~5 d 的新生儿中用常规新生儿体检和 SpO<sub>2</sub> 指标对严重左心梗阻性畸形的检出率只有 78%，加用 PI 后检出率为 100%。PI 能反映 CHD 的异常血流，所有左心梗阻性畸形的小儿 PI 都 < 1.18%，其中 5 例 < 0.70%。Lima 等<sup>[19]</sup>测量了正常健康人和危重患者的 PI，并同时测量毛细血管充盈时间和中心-趾温度差，健康人 PI 范围为 0.3%~10.0%。结果显示，危重患者 PI 与中心-趾温度差明显相关，在危重患者中，PI ≤ 1.4% 明显提示组织灌注不好，因此，认为 PI 可用来监测危重患者的组织灌注。

值得注意的是，在心脏手术中机器转流时，组织灌注可能很好，SpO<sub>2</sub> 在 0.95 以上，但 PI 很低，这是因为转流通常不产生外周小动脉搏动，即使采用搏动性灌注方式，脉搏波振幅也很小。

**2.2 PVI: 心脏的泵血功能直接受胸内压和血容量影响**，正常情况下，呼吸周期中胸内压变化实际上可增加心脏泵血能力，如吸气时胸内负压可增加回心血量和肢体血液回流。胸内压变化直接影响左右心充盈和排空，使每搏量和血压变异 (在打印的有创压波形图上可发现这种现象)，继之产生远端脉搏压和容量周期性变化。PVI 测量的就是这种变化。

生理情况下，PVI 很小，但当胸内压和 (或) 血管内容量发生变化时，PVI 就会变大。引起 PVI 改变的情况概况如下：① 呼吸系统原因，如气胸、血胸、机械通气、使用呼气末正压 (PEEP)、过度通气、哮喘、气道梗阻等。② 心血管和容量原因，如血容量不足、心脏抑制、血管扩张、心肌抑制、心包填塞、限制性心肌病、肺栓塞、急性心肌梗死等。③ 非心肺原因，如各类休克、上腔静脉狭窄、膈疝等。

Goldstein 等<sup>[20]</sup>观察到，1 例 6 周龄

新生儿抽胸水时 PVI 随液体抽出明显变化。第一次抽液后 PVI 由 17.6% 增至 21.8%，第二次由 25.2% 增至 33.8%，第三次由 17.6% 增至 20.0%，第四次由 19.9% 增至 25.1%。可以看出，抽液后胸内压骤减，回心血量增加，PVI 加大，待平衡后 PVI 恢复至原来的水平。PVI 在气胸、血胸和胸腔积液诊断和治疗中有一定帮助。Cannesson 等<sup>[7]</sup>研究了 PVI 对心脏前负荷改变及机械通气的反应。20 例心血管手术患者在行机械通气时 PVI、中心静脉压 (CVP)、平均动脉压 (MAP) 和脉压变异基础值分别为 (13 ± 7) %、(11 ± 4) mm Hg、(66 ± 11) mm Hg 和 (13 ± 6) %。当采用截石位 (头低 30°) 时，分别为 (10 ± 5) %、(20 ± 6) mm Hg、(74 ± 11) mm Hg 和 (10 ± 5) %。当采用反截石位 (头抬高 30°) 时，分别为 (18 ± 7) %、(5 ± 4) mm Hg、(60 ± 14) mm Hg 和 (16 ± 7) %。PVI 可明显反映心脏前负荷改变，这种无创性参数与有创性动脉压、脉压变异和 CVP 一样敏感。

PVI 在机械通气患者的液体管理中可能有一定作用，可以预测和诊断低容量和扩容的变化，连续性监测和趋势回顾为医生提供很多液体管理方面信息。PVI 增加提示低容量血症存在，液体复苏后 PVI 降低表明低容量正在改善，加之趋势回顾对了解和掌握心肺功能有很大帮助。用 PVI 液体管理对降低术后风险、改善预后、降低心肺并发症及促进伤口愈合有一定价值。

**3 小结**

PI 和 PVI 是根据脉搏氧测量信号处理开发的新参数，用于评价局部和全身组织灌注、血容量状况，使脉搏氧参数评价循环功能更突出。脉搏氧测仪使用简单，连续监测和无创性使 PI 和 PVI 与 SpO<sub>2</sub> 一样成为危重患者、麻醉手术患者等标准的监测项目。

**参考文献**

[1] Shang AB, Kosikowski RT, Winslow AW, et al. Development of a standardized method for motion testing in pulse oximeters [J]. *Anesth Analg*, 2007, 105(6 Suppl):S66-77.  
 [2] Cannesson M, Delannoy B, Morand A, et al. Does the pleth variability index indicate the respiratory-induced variation in the plethysmogram and arterial pressure waveform [J]? *Anesth Analg*, 2008, 106(4):1189-1194.

[3] 徐远达, 江梅, 陈荣昌, 等. 对重症 SARS 预警因子和高危因素的探讨 [J]. *中国危重病急救医学*, 2006, 18(6):346-349.  
 [4] Mowafi HA. The efficacy of plethysmographic pulse wave amplitude as an indicator for intravascular injection of epinephrine-containing epidural test close in anesthetized adults [J]. *Anesth Analg*, 2005, 101(5):1506-1511.  
 [5] De Felice C, Latini G, Vacca P, et al. The pulse oximeter perfusion index as a predictor for high illness severity in neonates [J]. *Eur J Pediatr*, 2002, 161(10):561-562.  
 [6] Shamir M, Eidelman LA, Floman Y, et al. Pulse oximetry plethysmographic waveform during changes in blood volume [J]. *Br J Anaesth*, 1999, 82(2):178-181.  
 [7] Cannesson M, Lehot JJ. Use of pulse oximeter waveform as a non invasive functional haemodynamic monitoring technique [R]. Berlin: Springer-Verlag, 2008.  
 [8] Cannesson M, Desebbe O, Rosamel P, et al. Pleth variability index to monitor the respiratory variations in the pulse oximeter plethysmographic waveform amplitude and predict fluid responsiveness in the operating theatre [J]. *Br J Anaesth*, 2008, 101(2):200-206.  
 [9] Cannesson M, Attof Y, Rosamel P, et al. Respiratory variations in pulse oximetry plethysmographic waveform amplitude to predict fluid responsiveness in the operating room [J]. *Anesthesiology*, 2007, 106(6):1105-1111.  
 [10] Lima A, Bakker J. The peripheral perfusion index in reactive hyperemia in critically ill patients [J]. *Crit Care*, 2004, 8(Suppl 1):P53.  
 [11] Graybeal JM, Petterson MT, Novak J. Correlation of peripheral perfusion index with site to site delays in detection of desaturations [C]. California: Anesthesiology, 2002.  
 [12] Kakazu CZ, Chen BJ, Kwan WF. Masi-mo set technology using perfusion index is a sensitive indicator for epidural onset [C]. California: Anesthesiology, 2005.  
 [13] Uemura A, Yagihara M, Miyabe M. Pulse oximeter perfusion index as a predictor for the effect of pediatric epidural block [C]. California: Anesthesiology, 2006.  
 [14] Klodell CT, Lobato EB, Willert JL, et al. Oximetry-derived perfusion index

for intraoperative identification of successful thoracic sympathectomy [J]. Ann Thorac Surg, 2005, 80 (2): 467-470.

[15] Hager H, Church S, Mandadi G, et al. The perfusion index measured by a pulse oximeter indicates pain stimuli in anesthetized volunteers [C]. California: Anesthesiology, 2004.

[16] Felice CD, Vecchio AD, Criscuolo M, et al. Early postnatal changes in the perfusion index in term newborns with subclinical chorioamnionitis [J]. Arch Dis Child Fetal Neonatal Ed, 2005, 90

(5):F411-414.

[17] Zaramella P, Freato F, Quaresima V, et al. Foot pulse oximeter perfusion index correlates with calf muscle perfusion measured by near-infrared spectroscopy in healthy neonates [J]. J Perinatol, 2005, 25(6):417-422.

[18] Granelli AW, Ostman-Smith I. Noninvasive peripheral perfusion index as a possible tool for screening for critical left heart obstruction [J]. Acta Paediatr, 2007, 96(10):1455-1459.

[19] Lima AP, Beelen P, Bakker J. Use of a peripheral perfusion index derived

from the pulse oximetry signal as a noninvasive indicator of perfusion [J]. Crit Care Med, 2002, 30 (6): 1210-1213.

[20] Goldstein MR, Pernia ML, Yang LL, et al. Decreased perfusion index (PI) predicts neonatal therapeutic intervention scoring system (NTISS) identified sick neonates and correlates with decreases in heart rate variability (HRV) [R]. Prague: European Society for Paediatric Research, 2007.

(收稿日期:2008-03-09)

(本文编辑:李银平)

• 经验交流 •

### 平武南坝地震救援中 172 例中暑患者的治疗体会

朱飒飒 康宁 周建丽 刘政 程渊 刘小兰

【关键词】 中暑； 地震； 救援； 临床报告

武警四川总队医院第三医疗队作为“5·12”四川汶川特大地震后赶到重灾区平武县南坝镇的第一支医疗队，共救治中暑患者 172 例，经及时救治患者均痊愈，现报告如下。

#### 1 临床资料

1.1 一般资料：男 125 例，女 47 例；年龄 18~80 岁。按《职业性中暑诊断标准》(GB11508-89)分类：先兆中暑 92 例，轻症中暑 66 例，重症中暑 14 例(热痉挛 10 例，热衰竭 4 例，热射病 0 例)。患者均在温度超过 34℃、湿度较大、空气不流通的环境下进行室外救援、清理废墟时发病。127 例有头昏、头痛、口渴、多汗、全身疲乏、心悸、注意力不集中、动作不协调，占 73.8%；36 例出现面色潮红、大量出汗、皮肤灼热等症状，占 20.9%；30 例有面色苍白、皮肤和四肢湿冷、血压下降、脉搏增快等虚脱表现，占 17.4%；10 例出现四肢阵发性的强直性痉挛，伴肌肉疼痛，占 5.8%；出现晕厥、血压下降各 3 例，各占 1.7%。

1.2 治疗及结果：①对先兆及轻症中暑作者单位：614000 四川乐山，武警四川总队医院(朱飒飒，康宁，周建丽，刘政)；成都医学院临床医学系(程渊，刘小兰)

通讯作者：周建丽，Email: sand372@sina.com

作者简介：朱飒飒(1963-)，男(汉族)，副主任医师。

者，将患者移至通风处平卧，头稍放低，双腿抬高以促进血液回流，更换汗湿的衣裤，用湿毛巾擦洗、搽扇子加速散热；口服藿香正气水、十滴水、人丹及糖盐水；在太阳穴涂风油精或清凉油；在颈部、腋窝及腹股沟用乙醇擦浴。经及时处理后，139 例 3 h 内症状消失，19 例 6 h 内症状消失。②对重症中暑者，除按上述先兆中毒和轻症中暑进行一般性处理外，予以静脉输注生理盐水、葡萄糖液和氯化钾；对有四肢抽搐和痉挛性疼痛者给予葡萄糖酸钙加维生素 C；对晕厥和血压下降者，先快速静脉补充葡萄糖氯化钠注射液，若血压仍未回升，可在继续补液的基础上加用多巴胺等升压药，以维持血压在正常范围；体温达 40℃以上者可给予氯丙嗪，以迅速降低体温及脑组织代谢率。所有重症中暑患者经抢救，8~10 h 内症状消失。

#### 2 讨论

中暑是高温、湿热或烈日曝晒引起体温调节功能紊乱所致的一组临床综合征，以高热、皮肤干燥无汗及中枢神经系统症状为特征。热痉挛是高温环境中大量出汗使水和钠盐过多丢失，使肌肉痉挛，并引起疼痛；热衰竭是由于人体对热环境不适应引起周围血管扩张、循环血量不足、发生虚脱；热射病是由于人体受外界环境中热原的作用和体内热量不能通过正常的生理性散热以达到热平衡，

致使体内热蓄积，引起体温升高。

本资料显示，青壮年中暑发病率高于其他年龄段人群，原因是其在炎热气候下，长时间暴露在烈日下持续进行救援，体力透支很大，水和钠盐丢失过多，造成循环血量减少，身体热负荷超过了散热能力，从而引起劳力性中暑。在驾驶室内工作的机械操作人员，由于长时间作业，驾驶室内缺乏散热及降温设备，也成为中暑多发人群之一，这部分人员多属非劳力性中暑。

在平武县南坝镇参与救援的人员中，来自本地区与北方地区人员数量基本相当，但来自北方地区的外省救援者中暑的发病率明显高于本省人员，可能与生活在北方地区的人员对四川夏天湿热气候不适应有关。

本资料还显示，对于先兆和轻症中暑只要及时进行处理，一般均会痊愈。但重症中暑如诊断和治疗不及时，会导致患者死亡，因此对重症中暑患者的鉴别诊断十分重要。在医疗救援一线由于没有相关的辅助检查手段，需要一线救援医生必须要有高度的责任感，对诊断不明确或经治疗效果不好的患者应立即后送。后送途中要注意继续对患者采用降温 and 通风措施，最好用有空调的车辆后送，以免加重患者病情。

(收稿日期:2008-08-21)

(本文编辑:李银平)